Système thermodynamique : gaz parfait et premier principe

Fiche méthode

(Physique-chimie Tle spécialité · L'énergie : conversions et transferts · Gaz parfait et premier principe de la thermodynamique)

La démarche pour un exercice de thermodynamique

1. Je définis le système : ouvert, fermé ou isolé ; son état initial et son état final (variables d'état).

2. Je convertis : pressions en Pa, volumes en m³, températures en K dès qu'une température apparaît seule ($PV = nRT$), masses en kg, énergies en J.

3. J'écris le bilan $\Delta U = W + Q$ avec la convention du receveur ; je repère les termes nuls (récipient rigide, paroi calorifugée, cycle).

4. J'exprime ΔU par la température : $m\,c\,\Delta T$, $m\,L$, ou la relation fournie pour un gaz ; je découpe le trajet s'il traverse un changement d'état.

5. Je contrôle : signe attendu (le système s'échauffe-t-il ?), unité, ordre de grandeur, température finale plausible.

Le réflexe — deux chemins mènent à ΔU : les échanges (W + Q) et la température ; c'est en les égalant qu'on trouve l'inconnue.

Cas 1 · Relier macroscopique et microscopique

Réflexe — température ↔ agitation ; pression ↔ chocs sur la paroi ; masse volumique ↔ entités par unité de volume.

Exemple. Un ballon de football gonflé reste en plein soleil.

L'air s'échauffe : ses molécules sont plus rapides, leurs chocs sur l'enveloppe plus violents et plus fréquents : **la pression augmente**. Sa masse volumique, elle, ne change presque pas.

Attention — T en kelvins : doubler θ ne double pas T.

Cas 2 · Exploiter l'équation d'état

Réflexe — $PV = nRT$ en Pa, m³, K ; deux états : $\dfrac{P_1V_1}{T_1} = \dfrac{P_2V_2}{T_2}$.

Exemple. Un flacon de 0,500 L de diazote à 25 °C sous $2{,}00 \times 10^5$ Pa.

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{2{,}00 \times 10^5 \times 0{,}500 \times 10^{-3}}{8{,}314 \times 298{,}15} \approx 4{,}03 \times 10^{-2}\ \textbf{mol}.$$

Attention — litres → m³ ; manomètre = surpression.

Cas 3 · Variation d'énergie interne

Réflexe — $\Delta U = m\,c\,\Delta T$ (incompressible) ; $Q = m\,L$ (changement d'état) ; étapes additionnées.

Exemple. Semelle d'aluminium d'un fer à repasser : 0,60 kg, $c = 897$ J·kg⁻¹·K⁻¹, de 20 °C à 180 °C.

$$\Delta U = 0{,}60 \times 897 \times 160 \approx 8{,}61 \times 10^4\ \textbf{J}.$$

Attention — ΔT = final − initial.

Cas 4 · Appliquer le premier principe

Réflexe — $\Delta U = W + Q$; reçu > 0, cédé < 0 ; monobare : $W = -P_{ext}\,\Delta V$.

Exemple. Un gaz reçoit 150 J de travail et cède 40 J par transfert thermique.

$W = +150$ J, $Q = -40$ J : $\Delta U = 150 - 40 = \mathbf{+110\ J}$.

Attention — jamais $\Delta U = W - Q$.

Cas 5 · Bilan dans un calorimètre

Réflexe — $\sum \Delta U_i = 0$; chaque partie : $m_i c_i (\theta_f - \theta_i)$, plus $m\,L_f$ pour la glace.

Exemple. 100 g d'eau à 90 °C et 300 g d'eau à 10 °C, calorimètre négligé.

$\theta_f = \dfrac{100 \times 90 + 300 \times 10}{400} = \mathbf{30{,}0\ ^\circ C}$ (et non 50 °C).

Attention — avec de la glace, vérifier qu'elle fond entièrement.

Cas 6 · Bilan d'une conversion

Réflexe — variation de l'énergie du système = travail reçu + transfert thermique reçu ; cycle : $\Delta U = 0$.

Exemple. Un mixeur de 400 W tourne 2,0 min dans 1,0 kg de soupe ($c = 4{,}18 \times 10^3$ J·kg^{-1}·K^{-1}) ; on admet que toute son énergie finit dans la soupe.

$W = 400 \times 120 = 48\,000$ J et $Q \approx 0$: $\Delta T = \dfrac{48\,000}{1{,}0 \times 4{,}18 \times 10^3} \approx \mathbf{11{,}5\ K}$.

Attention — COP > 1 : énergie prélevée dehors, pas créée.

Les pièges

- Mettre des degrés Celsius dans $PV = nRT$, ou des litres sans les convertir en m³.
- Utiliser $U = \frac{3}{2}nRT$ pour l'air ou le diazote, ou pour un liquide.
- Écrire $\Delta U = W - Q$, ou compter positivement une énergie cédée.
- Faire un seul $m\,c\,\Delta T$ sur un trajet qui traverse une fusion.
- Prendre la moyenne arithmétique pour un mélange de masses différentes, ou oublier le calorimètre.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).